Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen
Direktor: Prof. Dr. Rebel

Vergleichende Untersuchungen über verschiedene bekannte Silikatzemente

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität zu Göttingen

Vorgelegt am 8. Februar 1938

von

Hermann Schulte zu Ankum
appr. Zahnarzt aus Ankum

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen
Direktor: Prof. Dr. Rebel

Vergleichende Untersuchungen über verschiedene bekannte Silikatzemente

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität zu Göttingen

Vorgelegt am 8. Februar 1938

von

Hermann Schulte zu Ankum
appr. Zahnarzt aus Ankum

Druck: H. Crone, Ankum

Dekan: Professor Dr. W. Krantz

Berichterstatter: Professor Dr. H. H. Rebel

Tag der mündlichen Prüfung:

23. Februar 1938.

Seit dem Erscheinen des ersten Silikatzementes, „Aschers künstlicher Zahnschmelz', ist viel über die Vor= und Nachteile der Silikatzemente geschrieben worden. Dem kosmetischen Effekt und der leichten Verarbeitung auf der einen Seite standen andererseits nicht geringe Mängel gegenüber, so daß sich viele recht scharf gegen jede Verwendung dieser Zemente, die heute aus der zahnärztlichen Praxis nicht mehr fortzudenken sind, ausgesprochen haben. Insbesondere war es die immer wiederkehrende Feststellung des Pulpatodes unter Silikatfüllungen, die zu methodischen Untersuchungen zwang. Kulka fand in seinen qualitativen und quantitativen Untersuchungen über „Aschers künstlicher Zahnschmelz' Spuren von Arsen. Doch auch nachdem der neue nunmehr synthetisch hergestellte Zement von Ascher tatsächlich arsenfrei war, wurde immer wieder bei tiefer Kavitätenpräparation und Abfüllung mit Silikatzementen ohne schützende Unterfüllung das Absterben der Pulpa beobachtet. Die Schuld daran gab man den verschiedensten Einflüssen:

a) chemischer Art (z. B. freie Phosphorsäure, Fluorgehalt),
b) physikalischer Art (Volumenveränderungen, mangelnde Härte, Porosität und damit Bakteriendurchlässigkeit).

Unsere Aufgabe ist es, verschiedene Silikatzemente zu prüfen auf Härte und Porosität (Farbdurchlässigkeit) bei verschiedenen Mischungsverhältnissen sowie auf ihr Verhalten gegenüber Speichel, Milchsäure und Kalilauge. Außerdem wurden Messungen über das Volumverhalten der Silikatzemente bei verschiedenen Mischungsverhältnissen vorgenommen.

Die Untersuchungsmaterialien.

Für die Durchführung der Untersuchungen standen folgende vier Silikatzemente zur Verfügung:

1. AKZ (Aschers künstlicher Zahnschmelz)
2. „Idra" Silikatzement
3. Syntrex, (de Trey's Synthetik Porzellan-Zement)
4. FP 7 Silikatzement.

Außerdem wurde noch der Heilsilikatzement Salvit (de Trey G. m. b. H.) geprüft. Dieser besteht nach Angabe der Firma zu etwa 90% aus Syntrex und der Rest aus Phosphatzement mit einem Zusatz von Di-merkuro-Chlorohexamethylentetramin ($C_6H_{12}Cl_4Hg_2N_4$); letzteres soll dem Zement desinfizierende Eigenschaft verleihen.

Eigene Versuche.

a) Ueber die Mischungsverhältnisse.

Vor Beginn der eigentlichen Untersuchungen sind für die Herstellung der verschiedenen Versuchskörper gewisse Vorarbeiten zu leisten, wenn die Grundlagen für exakte Prüfungen gegeben sein sollen. Dieck hat recht, wenn er sagt: „Mit aller Gewissenhaftigkeit müssen bei jeder Prüfungart immer die gleichen Vorbedingungen innegehalten werden, sonst können sich die Ergebniszahlen zugunsten oder zu ungunsten des einen oder anderen der vergleichsweise untersuchten Präparate verschieben". In seiner Arbeit „Ueber methodische Prüfung der Silikatzemente" werden u. a. auch Untersuchungen über die Mischungsverhältnisse von Zement-Pulver und Flüssigkeit gebracht, welche Dieck in Beziehung zur Abbindungszeit (Erhärtung) stellt. Als erster führt Dieck dabei drei Arten von Mischungen ein, die er rein gefühlsmäßig anrührt und als „zu dick (gerade noch backend), zu dünn und richtig" bezeichnet.

Um die etwaigen Auswirkungen bei verschiedenen Mischungsverhältnissen festzustellen, haben auch wir uns dazu entschlossen, drei verschiedene Mischungsverhältnisse von jeder Zementsorte herzustellen.

1) Normal, (von den betreffenden Firmen angegeben),
2) Dick, (= normal — 6% der normalen Flüssigkeit),
3) Dünn, (= normal + 12% der normalen Flüssigkeit).

Das Mischungsverhältnis „normal" ist für den betreffenden Zement jeweils von der herstellenden Firma angegeben als das optimale Mischungsverhältnis, d. h., alle guten Eigenschaften des Zementes wie Härte, Transparenz, Volumenbeständigkeit usw. sind bei diesem Verhältnis von Pulver zu Flüssigkeit am vorteilhaftesten auf einander abgestimmt. Dieses normale Mischungsverhältnis ist für jeden Zement verschieden und beträgt für:

	Zement:		Flüssigkeit:
AKZ	100 g	—	66,2 g
Idra	100 g	—	54,05 g
Syntrex	100 g	—	37 g
FP 7	100 g	—	50 g
Salvit	100 g	—	41 g

Linke bestimmt das normale Mischungsverhältnis mit Hilfe des Nadeldruckapparates von Dieck und sagt: „Ein Gemisch von Pulver und Flüssigkeit, das nach 10 Minuten keinen Eindruck der Nadel mehr erkennen läßt, kann als normal bezeichnet werden." Da die Abbindungszeit von dem Mischungsverhältnis abhängig ist, (dick bindet schneller ab als normal und dünn) wäre eine solche Festsetzung „normaler" Mischungsverhältnisse möglich, wenn die Voraussetzung dafür auch in der gleichen chemischen

Zusammensetzung der verschiedenen Silikatzemente gegeben wäre. Das ist aber keineswegs der Fall. Aus diesem Grunde ist also auch eine Festsetzung solcher „normaler" Mischungsverhältnisse unzulässig.

Den Wert von 12% Flüssigkeitszusatz beim Mischungsverhältnis „dünn" haben wir beliebig gewählt, während eine Flüssigkeitsabnahme von 12% für das Mischungsverhältnis „dick" bewirkt hätte, daß eine gute Vermischung von Zement und Flüssigkeit bei fast allen Zementen ausgeschlossen gewesen wäre.

Mengenbestimmung von Zementpulver und Flüssigkeit.

Sehr wichtig ist die exakte Mengenbestimmung für die verschiedenen Mischungsverhältnisse. Dieck hat die drei Grade von Mischungen nach dem „Gefühl" gewonnen. Diese Methode des gefühlsmäßigen Anrührens dürfte aber sehr ungenau sein. Schwarz sagt: „Die Zementmenge mit Hilfe eines Gefäßes von feststehendem Volumen zu bestimmen ist zwar sehr bequem, für exakte Prüfungen jedoch unbrauchbar". Er steht auf dem Standpunkt, daß genaue Messungen nur nach dem Gewicht möglich sind, und wohl zu Recht behauptet der Autor weiter, daß nicht nur die Größe der einzelnen Körnchen bei verschiedenen Zementen verschieden, sondern bei einer Zementsorte untereinander auch verschieden ist. Daraus ergibt sich, daß für die genauen Mengenbestimmungen des Zementpulvers nur die Analysenwage in Betracht kommt.

Für die Flüssigkeitsbestimmung wurde eine Bürette gebraucht, die Tropfenzahl auf 1 ccm bestimmt und durch Wägung von 20 Tropfen aus der senkrecht gehaltenen Bürette das Durchschnittsgewicht eines Tropfen bestimmt. Danach wurde die entsprechende Menge Pulver errechnet.

b) Das Anmischen der Silikatzemente und die Herstellung der Versuchskörper.

Zum Anmischen der Silikatzemente benutzen wir die handelsübliche dicke, glatte Glasplatte und den ovalgeformten Achatspatel. Peinliche Sauberkeit bei den Versuchsarbeiten ist selbstverständlich. Nach Möglichkeit werden alle äußeren Faktoren ausgeschaltet, welche für eine unerwünschte Beeinflussung der exakten Herstellung der Versuchskörper in Frage kommen. Dies sind: Erhebliche Schwankungen der Zimmertemperatur, der Temperatur von Anrührplatte und Spatel, der relativen Luftfeuchtigkeit (Atemfeuchtigkeit), sowie der Mischungsdauer und Modellierdauer. Die Zimmertemperatur betrug etwa 19—21° bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45 bis 50. Da der Abbindungsprozeß alsbald nach der Vermengung beginnt, ist es notwendig, eine Mischungszeit von höchstens $1^1/_2$

Minuten nicht zu überschreiten, da sonst der Abbindungsprozeß schon zu sehr gestört wird. Beim Anrühren bringt man zweckmäßig zunächst eine größere Menge Pulvers mit der Flüssigkeit in Berührung und dann kleinere.

Nach ordentlicher Vermengung von Pulver und Zementflüssigkeit wird der plastische Zement möglichst schnell in die auf 37° C vorgewärmte Präzisionsleere aus Messing gefüllt und bei 37° C in den Thermostaten gebracht, wo er zur Erhärtung 20 Minuten verbleibt. Nebenstehende Abbildung (1) zeigt die benutzte Präzisionsleere. Sie besteht aus einem zerlegbaren Messingbalken von 10 mm Höhe, welcher mit zylindrischen Bohrlöchern von 10 mm Durchmesser versehen ist und durch zwei Schrauben zusammengehalten ist. Jedes Bohrloch bildet also einen Hohlzylinder von 10 mm Höhe und 10 mm Durchmesser, der mit Zementmasse gefüllt wird und oben und unten mit je einem leicht mit Vaseline eingefetteten Objektträger verschlossen wird. Wichtig ist, daß die Bohrlöcher poliert sind und dadurch eine vollkommen glatte Oberfläche der Versuchskörper erzielt wird. Nach dem Abbinden sind dieselben durch Lösen der Schrauben leicht aus der Leere zu entfernen, was mit Ausnahme von „Idra"-Silikatzement, welches eine gute Adhäsionskraft besitzt, sehr leicht ist. Die im Thermostaten erhärteten Körper werden mit den von den Firmen beigefügten Schutzlacken oder Fetten versehen (bei Idra wurde Zaponlack verwendet) und nach weiteren 10 Minuten in die betreffende Lösung (Speichel, Milchsäure 1%ig und Kalilauge 1%ig) gegeben. Nach 30 Minuten vom Beginn des Anrührens an gerechnet sind also die Silikatkörper in den Lösungen.

c) Untersuchung auf Härte bei verschiedenen Mischungsverhältnissen in Speichel, Milchsäure 1%ig und KOH 1%ig.

Lignitz sagt in seiner Veröffentlichung: „Eine exakte Methode zur Prüfung der Härte zahnärztlicher Materialien: Die zahlenmäßige Feststellung der Härte ist unleugbar mit großen Schwierigkeiten verknüpft, die sich aus den verschiedensten Auslegungen dieses physikalischen Begriffes herleiten. Das erschwerte auch die Aufstellung einer allgemein gültigen, exakten Forschungsmethode'. Bei den Zementen kann man z. B. Druckhärte, Kantenfestigkeit und Abnutzungshärte unterscheiden. Und doch ergibt erst die Summe dieser das, was wir unter Härte verstehen. So sind denn auch die in der Zahnheilkunde gebräuchlichsten Zemente auf die verschiedenste Art untersucht und auf ihre Härte geprüft worden.

1) Kulka bemühte sich zunächst die Materialien nach ihrer Härte in die Mohssche Härteskala einzureihen mit ihren 10 steigenden Härtestufen, 1. Kalk, 2. Gips, 3. Kalkspat, 4. Flusspat, 5. Apatit, 6. Feldspat, 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund, 10. Diamant. Er ritzte

mit diesen Mineralien den Versuchskörper und sagte z. B., wenn derselbe von Feldspat noch geritzt werden konnte, dagegen vom Apatit nicht, daß er härter als Stufe 5 und weicher als Stufe 6 sei.

2) Mit Hilfe der Brinellschen Kugeldruckpresse preßt man mit einer bestimmten Kraft eine Stahlkugel gegen das Versuchsobjekt. Die Tiefe der eingedrungenen Kugel ergibt das Maß für die Härte.

3) Mit dem Skleroskop von Shore wird die Höhe des Rückpralls gemessen, den ein bestimmter stählerner Kegelstumpf beim Auffallen auf die zu untersuchende Platte erfährt.

Für die unter 2 und 3 angeführten Methoden der Härtemessung können nur besonders zähe, elastische Körper in Frage kommen. Da die Silikatzemente diese Eigenschaften aber in weniger hohem Maße besitzen, dürften sie für diese Arten der Untersuchungen nicht geeignet erscheinen.

4) Lignitz wandte zur Härtemessung der Silikatzemente die Rosiwalsche Methode an. Er brachte eine bestimmte Menge Schmirgel (Normal-Korund von 0,2 mm durchschnittlicher Korngröße) mit dem Prüfkörper zusammen und verrieb beides mit einander solange, bis der Schmirgel unwirksam geworden war, d. h. keine Abnutzung mehr stattfand. Aus dem Gewichtsverlust des Versuchsobjektes ergab sich die Härte.

5) Martens bediente sich zur Feststellung der Härte des Ritzverfahrens. Mittels eines Diamanten von bestimmtem Anschliffwinkel ritzte er bei bestimmter Belastung das polierte Objekt und nahm die Ritzbreite als Maß der Härte.

6) Die Summierung des Ritzverfahrens bedeutet das Abschleifverfahren, wie es Dieck 1922 erstmalig brachte zur Härtebestimmung von Silikatzmenten. Die von Dieck benutzte Schleifmaschine war „so eingerichtet, daß der Schleifstein von einem Gelenkhebel überlagert ist, der auf einer Seite durch ein Hängegewicht beschwert werden kann und an seiner unteren Fläche genau über die Mitte des Schleifsteines den Versuchskörper in einer Klemmvorrichtung festhält, so daß derselbe um ein gewisses Maß gegen den Stein frei vorsteht. Durch mikrometrische Messung der Länge des ganzen Versuchszylinders und seines Reststückes wird die Länge des abgeschliffenen Teiles bestimmt und mit der Schleifzeit zusammen notiert. Daraus ergibt sich dann rechnerisch das abgeschliffene Stück pro Sekunde oder auch die Sekundenzahl pro 1 mm Abschleifung". Dieck benutzte für seine Versuche eine Karbonrundscheibe aus Naxosschmirgel No. 0 bei einer Tourenzahl des Motors von 1200 Umdrehungen pro Minute und einem Scheibendurchmesser von 150 mm.

Von allen angeführten Methoden zur Härtebestimmung dürfte die von Dieck angegebene für zahnärztliche Zemente die geeignetste

sein, da sie der natürlichen Abnutzung entsprechend der Kau- und Friktionswirkung und Wirkung der Zahnbürste am nächsten steht. Deshalb haben auch wir uns für die Feststellung der Abschleifhärte entschieden.

Für die Untersuchungen über die Abschleifhärte benutzten wir die abgeänderte Kristall-Schleifmaschine der Firma Stoe u. Cie., Heidelberg. Abbildung (2) gibt die schematische Zeichnung der für unsere Versuche abgeänderten Maschine wieder. Die in den Lagern A und B bewegliche Achse AB trägt mit dem starr verbundenen Arm C die für das Abschleifen benutzte Karborundscheibe S. In der Hülse F kann mittels einer Schraubvorrichtung der Silikatkörper E gehalten werden. Durch das Gewicht Kg, welches mit der Hülse F starr verbunden ist, wird auf den Silikatkörper ein konstanter Druck ausgeübt, der infolge der Haltevorrichtung D nur senkrecht wirken kann. Durch den Wasserbehälter W ist ein dauernder, gleichmäßiger Wasserzufluß für die Säuberung der schleifenden Scheibe gewährleistet. Der Arm G ist ebenfalls mit der Achse AB fest verbunden und wird durch den Zapfen Z, der auf einer Scheibe T kreist, in horizontaler Richtung hin und her bewegt. Dadurch wird durch Hebelwirkung der Arm C mit der Abschleifscheibe S ebenfalls in horizontaler Richtung um die Achse AB hin und her bewegt. Daraus ergibt sich, daß die Schleifscheibe nicht an einer Stelle, sondern flächenhaft abgenutzt wird, und das Säubern der Scheibe wesentlich erleichtert wird. Wir benutzten eine Naxosschmirgelscheibe No. 100 mit einem Durchmesser von 95 mm. Als Antrieb diente ein Synchronmotor mit einer Umdrehungszahl von 1400 Umdrehungen pro Minute, die aber durch Transmission auf etwa 500 Umdrehungen der Scheibe pro Minute geändert wurde. Bei voller Tourenzahl des Motors wird der in der Klemmvorrichtung gehaltene, zylinderförmige Silikatkörper durch ein Gewicht von 0,35 kg belastet und dadurch gegen die Scheibe gedrückt. Durch die geringe Belastung wird die Abschleifzeit länger und so die Genauigkeit der Messung erhöht. Die Abschleifzeit beträgt 10 Minuten und wird mit der Stoppuhr gemessen. Der Körper wird vor und nach dem Schleifen auf der Analysenwaage gewogen. Die Gewichtsdifferenz gibt reziprok die Härte des betreffenden Silikatzementes wieder.

Folgende Tabelle gibt die gefundenen Durchschnittswerte wieder für Versuchskörper mit folgenden gleichen Vorbedingungen: Die Versuchskörper sind Zylinder von 10 mm Höhe und 10 mm Durchmesser und angerührt wie oben angegeben. Nach 30 Minuten wurden sie in die betreffenden Lösungen bei 37° C gegeben und nach 24 Stunden vom Lacküberzug befreit durch kräftiges Bürsten in Aether. Als Lösungsmittel wurde gebraucht:

1) Speichel,
2) Milchsäure 1%ig,
3) KOH 1%ig.

Die Versuchskörper blieben 28 Tage bei 37° C in den Lösungen, die nach 14 Tagen erneuert wurden. Der Speichel wurde wöchentlich neu ersetzt. Nach 28 Tagen darf angenommen werden, daß die volle Abbindungshärte erreicht ist. Um gleichzeitig zu prüfen, ob eine Veränderung der Dichte durch Substanzverlust eintreten könnte, wurden sämtliche Lösungen mit 4% Methylenblau versetzt, in der Annahme, daß die Flüssigkeit in die dabei entstehenden Poren eindringt und zur Farbstoffablagerung führt (s. unten Porosität). Diese Maßnahme spart Material und dürfte sich für das Gelingen des Versuches nicht störend ausgewirkt haben, wie die Tabelle beweist.

Vergleichende Abschleifhärte innerhalb der einzelnen Zemente.

	Mischungsverhältnis	AKZ	Idra	Syntrex	Salvit	FP 7
Kalilauge 1%ig	Normal	0,179	0,195	0,177	0,140	0,197
	Dick	0,171	0,190	0,178	0,139	0,184
	Dünn	0,207	0,201	0,209	0,161	0,208
Speichel	Normal	0,159	0,193	0,172	0,138	0,187
	Dick	0,145	0,181	0,164	0,121	0,183
	Dünn	0,194	0,205	0,204	0,148	0,200
Milchsäure 1%ig	Normal	0,182	0,205	0,181	0,177	0,192
	Dick	0,188	0,201	0,182	0,162	0,183
	Dünn	0,211	0,214	0,218	0,195	0,216

Die Tabelle soll nicht die vergleichende Härte der verschiedenen Silikatzemente angeben, da in ihr die Abschleifwirkung der Karborundscheibe nicht berücksichtigt ist. Sie zeigt einzig die Beeinflussung der Abschleifhärte innerhalb jedes einzelnen Zementes bei den 3 Mischungsverhältnissen in den verschiedenen Lösungsmitteln. Da z. B. zuerst der ganze Zement AKZ für sich und als letzter der Zement FP 7 für sich untersucht wurde, ist die Abnutzung bei AKZ wesentlich höher, weil die Schmirgelscheibe noch neu und schärfer war. In Wirklichkeit ist, wie sich bei der vergleichenden Härteprüfung zeigt AKZ der härteste und FP 7 der weichste der untersuchten Silikatzemente. Die Tabelle zeigt: 1) Die Abschleifhärte ist abhängig vom Mischungsverhältnis. Je weicher ein Zement angerührt wird, desto geringer ist die Abschleifhärte, umgekehrt je dicker ein Zement angerührt wird, desto härter ist derselbe. 2) Die Zemente sind im

Speichel beständiger als in Milchsäure und KOH und in KOH beständiger als in Milchsäure.

Um einen Vergleich der Abschleifhärte der verschiedenen Silikatzemente zu erhalten, wurden Reihenuntersuchungen der verschiedenen Zementsorten nebeneinander durchgeführt. Und zwar wurden die im Mischungsverhältnis normal angerührten Körper nach 28tägiger Lagerung in den verschiedenen Lösungen geprüft. Wir erhielten folgende durchschnittliche Abschleifhärtewerte für die verschiedenen Zemente bei 10 Minuten Abschleifdauer. Die in Klammern angeführten Zahlen geben die Substanzverlustprozente wieder, die durch die Einwirkung der Lösungen entstanden sind.

	KOH 1%ig	Speichel	Milchsäure 1%ig
AKZ:	0,121 (2,8)	0,110 (2,1)	0,134 (3,5)
Idra:	0,158 (4,9)	0,155 (5,0)	0,163 (5,7)
Syntrex:	0,141 (3,2)	0,138 (3,6)	0,152 (4,7)
FP. 7:	0,181 (6,2)	0,171 (5,3)	0,178 (5,9)
Salvit:	0,134 (4,9)	0,128 (4,4)	0,157 (6,1)

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist die größte Härte bei allen Zementen nach der Lagerung im Speichel zu erkennen, während Milchsäure eine stärkere Einwirkung als KOH besitzt. Da der Speichelwert als Normalwert angenommen werden kann, ergeben die Messungen als Vergleichshärtewerte für die einzelnen Zemente: AKZ: 11,0, Salvit: 12,8, Syntrex: 13,8, Idra: 15,5, FP 7: 17,1.

Da die Verschiedenheit der Härte von Körpern gleicher Herstellungsart nur durch die chemische Einwirkung der Lösungen auf die Struktur der Versuchskörper bedingt sein kann, machten wir die Probe, ob der Substanzverlust der einzelnen Körper bei der Einwirkung der Lösungen dem Härteverlust proportional sei. Die Substanzverlustprozente sind in der Tabelle in Klammern beigefügt. Die Bestimmung des Substanzverlustes wurde auf folgende Weise durchgeführt. Die Probekörper wurden wie schon angegeben hergerichtet, gewogen und 30 Minuten nach dem Anrühren ohne Lacküberzug 6 Tage bei 37° C in Speichel, bzw. Milchsäure 1%ig und KOH 1%ig gegeben. Es wurde für jeden Körper die gleiche Menge Flüssigkeit (3 ccm) genommen um eine gleich starke Einwirkung zu erzielen. Bei allen Zementen zeigte sich eine mehr oder weniger starke Ausfällung von Substanzen, welche eine Trübung der Lösung bewirkte und sich dann auf den Boden der Reaganzgläser ablagerte. Am stärksten war die Ablagerung in Milchsäure. Nach etwa 1 Tag wurden keine Ausfällungen mehr beobachtet, was daraus ersichtlich war, daß die Ablagerung erfolgt war und die vorher milchig trübe Flüssigkeit wieder durchsichtig klar wurde. Nach 6 Tagen wurden die Versuchskörper 5 Tage lang bei 37° C getrocknet und wieder gewogen. Die dabei aufgetretenen prozentualen Gewichtsverluste sind

in obenstehender Tabelle mit der Abschleifhärte verglichen. Der Substanzverlust scheint sowohl innerhalb eines Zements als auch bei den verschiedenen Silikatzementen der Härte parallel zu laufen. Eine Ausnahme macht Salvit. Da derselbe aber zu etwa 90 % aus Syntrex besteht, muß ein beträchtlicher Teil am Substanzverlust von dem hinzugefügten Phosphatzement, bzw. dem zugesetzten Quecksilbersalz gestellt werden. Zu bedenken ist auch, daß bei dem Wägen ein gewisser Teil des Kristallwassers mitgemessen wird, der durch das Austrocknen der Körper verloren geht. Daß dieser Anteil bei den einzelnen Zementen verschieden ist, geht daraus hervor, daß sie verschiedene Mischungsverhältnisse haben; also eine verschiedene Menge Kristallwasser für den Abbindeprozeß gebrauchen. Doch dürfte der Verlust des Kristallwassers nicht so erheblich sein, daß eine Vergleichsmöglichkeit unzulässig wäre.

Porosität (Dichte) der Silikatzemente.
(Farbdurchlässigkeit).

Daß ganz allgemein bei jedem guten zahnärztlichen Füllungsmaterial eine genügende Dichte vorausgesetzt werden muß, ist eine selbstverständliche Forderung. Bei zu großer Porosität ist einmal die Möglichkeit für eine Durchwanderung von Bakterien gegeben. Zweitens würde eine Füllung aus porösem Zement Speichel in sich aufnehmen können, der in Zersetzung übergehen und die Füllung verfärben würde. Für die Untersuchung der Porosität der Zemente bediente man sich bisher

1) der Farbdurchlässigkeit,
3) der Bakteriendurchlässigkeit,
3) der Messung des Porenvolumens.

Dieck prüfte die Dichte der Silikatzemente mit alkalischem (Methylenblau) und saurem Farbstoff (roter Tinte). Er fand nach 24 Stunden nur eine äußere Oberflächenverfärbung.

Richter und Proell benutzten außer Methylenblau auch Fruchtsäfte als Färbungsmittel und wiesen daraufhin, daß Fruchtsäfte ein wesentlich stärkeres Eindringungsvermögen besitzen als Anilinfarben.

Hensel führt das Le Chatelier-Verfahren an. Danach wird der Zementkörper zunächst in eine Ferrozyankali-Lösung gegeben und dann in eine Ferrisalzlösung. Die dabei entstehenden Niederschläge geben das Eindringungsvermögen an.

Meister fand bei Zementen Farbdurchlässigkeit und schloß daraus auch auf Bakteriendurchlässigkeit.

Streich stellte Versuche an über Bakterien und Farbdurchlässigkeit. Er kam zu dem Ergebnis, daß Farbdurchlässigkeit mit Bakteriendurchlässigkeit keineswegs gleich zu setzen sei. Da die

Farbstoffmoleküle wesentlich kleiner seien als Bakterien sei auch eine Farbdurchdringung viel eher möglich.

Kulka bestimmte die Porosität gewichtsmäßig, indem er getrocknete Zementkörper in einem Rezipienten auf einen an der Wandung befindlichen Absatz legte. Der Boden des Rezipienten war mit Wasser gefüllt. Die Luft wurde ausgepumpt und die Versuchskörper durch Schütteln in das Wasser gebracht. Vor und hinterher wurden die Zementblöcke gewogen und aus der Gewichtszunahme im Wasser das Porenvolumen bestimmt.

Um eine möglichst große Dichte der Zemente zu bekommen, gebrauchte man dichtende Zusätze. Streich benutzte 1) bituminöse Stoffe, 2) Seifen, 3) organische Stoffe, 4) anorganische Stoffe. Durch Zusatz von Seife bei einem Phosphatzement gelang es, die Farbdurchlässigkeit ganz, die Bakteriendurchlässigkeit z. T. zu beseitigen. Bei Silikatzementen konnte die Verminderung der Porosität durch Zusatzstoffe nur auf Kosten anderer wichtiger Eigenschaften, wie Härte und Transparenz erreicht werden. (Gerlach, Streich).

Auch mit Hilfe von antiseptischen Mitteln konnte eine längerdauernde Undurchlässigkeit für Bakterien nach Angabe von Gerlach nicht erreicht werden, weil diese Heilzusätze früher oder später wieder ausgelaugt werden.

Bei der Untersuchung der Porosität haben wir uns wie die meisten Autoren an die Untersuchung der Farbdurchlässigkeit gehalten. Diese Methode haben wir durch Untersuchungen von Dünnschliffpräparaten, die von den gefärbten Körpern hergestellt wurden, ergänzt. Aus der Stärke des Eindringens der Farbe ist auf die Porosität zu schließen. Als Testfarben gebrauchten wir Methylenblau und Heidelbeersaft. Im ersten Falle ließen wir die Farbeinwirkung mit dem Speichel, bzw. der Milchsäure- und Kalilaugenlösung gleichzeitig einwirken und im zweiten Falle fand die Farbeinwirkung nach dem Einwirken der Lösungen statt. Wie schon bei der Härteuntersuchung geschrieben, wurden die verschiedenen Lösungsmittel mit 4% Methylenblau versetzt. Nach 4 Wochen fand die Untersuchung statt. Aeußerlich waren sämtliche Versuchskörper in Speichel und Milchsäure stark, in KOH dagegen weniger stark gefärbt. Die Farbe war durch kräftiges Bürsten nicht zu entfernen. Es schien also Farbe in den Körper eingedrungen zu sein. Nach dem Abschleifen von 2 mm Dicke war mit bloßem Auge bei keinem Zement außer FP 7 in KOH eine diffuse Farbeinwirkung zu erkennen. Bei FP 7 dagegen konnte in KOH in allen drei Mischungsverhältnissen eine Farbeinwirkung bis zu 1 mm Tiefe festgestellt werden. Außerdem zeigte FP 7 bei allen Mischungsverhältnissen in sämtlichen drei Lösungen eine Verfärbung, die kleinen, radiär verlaufenden Rissen gefolgt war. Diese Risse waren teilweise in einem Abstand von 1 mm von

der Peripherie durch parallel zur Oberfläche verlaufende Risse untereinander verbunden, so daß das ganze ein kranzförmiges Aussehen erhielt. Bei einem Abschliff von 4 mm Dicke verschwanden die kranzförmigen Risse, während die radiären Risse blieben. Wesentlich kleinere, peripher gelegene und radiär verlaufende Risse fanden sich vereinzelt auch bei AKZ und Idra in Speichel. Sie dürften wohl der Ausdruck einer Kontraktion der Silikatkörper sein (Vergl. Volulmenbeständigkeit). Um eine genauere mikroskopische Untersuchung durchführen zu können, wurden von den normalen Mischungsverhältnissen Dünnschliffe angefertigt. Dabei mußten die Silikatkörper vollständig getrocknet und erwärmt werden, was zur Folge hatte, daß die Präparate stark rissig wurden. Da jedoch die bei der Lagerung in den Lösungen entstandenen Risse durch die Farbeindringung erkenntlich waren, war eine gute Abgrenzung der schon vor dem Erwärmungsvorgang entstandenen Rißtiefe leicht möglich. Abb. 3 zeigt solch eine Rißbildung bei einem Dünnschliff von FP 7 in Speichel (Mischungsverhältnis normal). Die Dünnschliffe zeigten ferner ein Eindringen des Farbstoffes in die äußerste Grenzzone, deren Struktur durch die Einwirkung der Lösungen bei fast allen Präparaten teils leichter teils stärker aufgelockert oder zerstört war. Die Dünnschliffpräparate ließen sämtliche Zemente mehr oder weniger porös erscheinen. Da die Porenwände nicht verfärbt waren, muß angenommen werden, daß diese Poren untereinander keine Verbindung haben. Einen direkten Nachweis für die Durchlässigkeit erbrachte also auch das Dünnschliffpräparat nicht. Im übrigen ließ die Untersuchung im Polarisationsmikroskop die Silikatzemente nicht als homogene Substanz erscheinen, sondern als ein glasiges Gemenge von einfach und doppelt brechenden Substanzen. In dieses Gemenge waren in den verschiedenen Zementen in verschiedener Anzahl vereinzelt Kristalle eingelagert.

Abb. 4 zeigt eine Aufnahme der mit Methylenblau gefärbten Silikatzylinder nach 4wöchiger Lagerung in den verschiedenen Lösungen bei einer Abschliffdicke von etwa 4 mm. Die Zahlen geben die Mischungsverhältnisse wieder (1 = normal, 2 = dick, 3 = dünn). Deutlich zu sehen sind die radiären Einrisse bei FP 7 und AKZ in Speichel. Diffuse Farbeindringung ist nur bei FP 7 in KOH bei den Mischungsverhältnissen 1, 2, 3 deutlich sichtbar. Die geringsten Veränderungen zeigen Syntrex, Salvit und Idra.

Wenn nun Farbdurchlässigkeit mit Porosität gleichzusetzen wäre, so könnte nur die diffuse Farbdurchlässigkeit in Frage kommen, wie sie nur leicht bei einem Zement gefunden wurde, der mit KOH behandelt wurde. Unter Speichel- und Milchsäureeinwirkung konnten bei den untersuchten Zementen Porosität durch Methylenblaufärbung nicht nachgewiesen werden.

Zum Vergleich wurde die Farbdurchlässigkeitsprobe bei Heidelbeersaft angestellt. Die Versuchsobjekte wurden 6 Tage bei 37° C in die verschiedenen Lösungen gegeben und darauf 5 Tage bei 37° getrocknet. Nach einer 5tägigen Lagerung in Heidelbeersaft zeigten alle Silikatzylinder äußerlich eine verhältnismäßig schwache Verfärbung und eine verschieden starke Aederung, die auf Rißbildung zurückzuführen war. Abb. 5 zeigt die Silikatkörper nach einem Abschliff von etwa 2 mm Dicke. Außer AKZ und Syntrex in Speichel und Milchsäure zeigen sämtliche Körper mehr oder weniger die kranzförmigen Risse sehr deutlich ausgeprägt. Eine diffuse Farbeinwirkung ist in der Randzone bei FP 7 in KOH (Mischungsverhältnis 3) zu erkennen und prägt sich besonders deutlich aus bei Syntrex in KOH bei sämtlichen drei Mischungsverhältnissen, weniger deutlich bei Syntrex in Milchsäure ebenfalls in sämtlichen drei Mischungsverhältnissen. Bei Syntrex und AKZ in Speichel dagegen ist weder eine Farbeinwirkung noch eine Rißbildung zu sehen. Die außerordentlich starke Rißbildung muß auch in diesem Falle auf die Austrocknung der Zementblöcke zurückgeführt werden.

Auch diesmal konnte in keinem Falle für keinen der Versuchskörper der Nachweis einer diffusen Farbdurchlässigkeit in Speichel erbracht werden. Das heißt nichts anderes, als daß die untersuchten Zemente unter Mundverhältnissen eine genügende Dichte aufweisen dürften.

Volumenbeständigkeit.

Da nach den durchgeführten Versuchen eine Durchlässigkeit der Silikatzemente verneint werden muß, und so eine Diffusion von Wasser und Kohlehydraten, die für die Reaktivierung der bei einer Restkaries unter einer Silikatfüllung noch vorhandenen Keime notwendig ist, ausgeschaltet worden ist, bleibt zu untersuchen, ob durch eine Kontraktion der Silikatfüllung die Möglichkeit besteht, daß diese Bakterien infolge eines ungenügenden Randschlusses wieder neue Lebensmöglichkeiten erhalten, bzw. ob die Schrumpfung so stark ist, daß Bakterien selbst durch den entstandenen Spalt hindurch zu schlüpfen vermögen. Vielleicht könnte auch durch eine stärkere Expansion der Silikatzemente und einer damit verbundenen Sprengung des Schmelzes ein locus minoris resistentiae geschaffen werden.

Der Wichtigkeit der Frage entsprechend haben sich viele namhafte Autoren mit der Untersuchung der Formbeständigkeit der Zemente beschäftigt. K u l k a konstruierte für seine Untersuchungen einen Tastapparat, der Volumenveränderungen von 10 µ anzeigte. Er fand keine merklichen Veränderungen.

S c h o e n b e c k weist auf das Meßmikroskop und die dilatometrische Methode hin. Außerdem stellte er Untersuchungen auf

folgende Art an. An einem Eckzahn wird die Pulpa eröffnet und die Wurzel zur Hälfte abgeschnitten. Die Kavität wird mit Silikatzement gefüllt und das Pulpenkavum mit Watte ausgestopft. Nach 3tägiger Abbindung wird am Wurzelende eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen und der Zahn in eine Methylviolettlösung gegeben. Durch die Saugwirkung sollte die Lösung bei etwaiger Kontraktion der Füllung in den Zahn gelangen und die Watte verfärben.

Proell legte um ein Glasröhrchen 1 bis $1^1/_2$ mm dicke Zementringe. Bei Kontraktion traten Risse auf.

Remmler nahm nach Angabe von Proell einen polierten unden, konisch verlaufenden Bronzestab, der mit einer Millimetereinteilung versehen war. Es wurden bei Zementen Kontraktionen von 3,7 % gemessen.

Dieck prüfte die Silikatzemente auf ihre Volumenbeständigkeit hin auf dreierlei Weise:

1) Nach Art der Bauzemente, indem er 1 bis 2 mm dicke Silikatzementscheiben mit einem Durchmesser von 40 bis 50 mm herstellte und einige Wochen in Wasser aufbewahrte. „Schwindet das Zement oder treibt es, so entstehen an der Versuchsplatte feine Haarrisse, und zwar bei Kontraktion strahlenförmig an der Peripherie, bei Expansion in der Mitte der Platte".

2) Mit Hilfe des Pyknometers. Dabei konnte die erste Messung erst nach 2 Stunden vorgenommen werden, da dann „ein Ausgleich etwaiger Temperaturverschiedenheiten angenommen werden kann". Das bedeutet, daß mit dieser Methode ein großer Teil der Volumenveränderungen überhaupt nicht durch Messung erfaßt werden kann. Ebenfalls kann nach des Autors eigener Auffassung die Hydratisierung nicht ausgeschaltet werden. Die Messungen sind also ungenau.

3) Mit Hilfe der Federleere.

In allen drei Fällen zeigten die Präparate Formbeständigkeit.

Linke stellte mit Hilfe von Kapillarversuchen zunächst eine Expansion fest, die ungefähr 1 Stunde dauerte (Expansion als Folge der chemischen Reaktionswärme). Danach zeigte sich eine viel stärkere Kontraktion. Bei Silikatzementen war die Volumenveränderung nach vier Tagen beendet.

Endlich sind noch anzuführen die Messungen mit dem Interferometer (Pfaffenbarger) und dem Zeiß'schen Orthotest (Hettinger).

Wir benutzten für unsere Versuchsanordnung den Zeiß'schen Dickenmesser, welcher eine Größenmessung von 1 µ zuläßt. Der Apparat ist so konstruiert, daß ein mit einer Maßeinteilung versehener Stab durch sein Eigengewicht auf eine plane Glasplatte drückt. Um den Druck möglichst gering zu bekommen, wird das Gewicht des Stabes durch ein Gegengewicht, welches über eine Rolle

läuft, nahezu kompensiert. Dadurch wird eine stärkere Belastung des zu untersuchenden Objekts, welches unter den Stab gestellt wird, völlig ausgeschlossen. Dieses ist gerade bei den nach 12 Minuten noch nicht immer völlig erhärteten Silikatzementen sehr wichtig. Die Ablesung der Werte kann jeder Zeit durch ein an der Apparatur befindliches Mikroskop erfolgen (s. Abb.).

Die bei Zimmertemperatur angerührten und in die auf Mundtemperatur vorgewärmte Messingleere gebrachten Silikatzemente wurden in den auf 37° C erhitzten Thermostaten gebracht. Nach 10 Minuten, gerechnet vom Beginn des Anrührens wurde der Versuchskörper aus dem Thermostaten genommen und aus der Leere entfernt, so daß nach weiteren 2 Minuten die erste Messung vorgenommen werden konnte. Die Körper verblieben durchgehend 48 Stunden unter dem Stab. Die in verschiedenen Zeitabständen erfolgten Wertablesungen ergaben graphisch dargestellt für einen Silikatkörper von 10 mm Höhe nebenstehende Kontraktionskurven. Die Ordinate zeigt in Mikren die Kontraktion an und die Abszisse gibt in Stunden die Zeit wieder. Die Nummernbezeichnung der Kurven entspricht dem Mischungsverhältnis (1 = normal, 2 = dick, 3 = dünn). Eine Expansion wurde in keinem Falle nach 12 Minuten festgestellt. Die zu Anfang der Kurve bestehende außerordentlich starke Kontraktion ist zurückzuführen auf die Abkühlung der Versuchskörper von 37° C auf die Zimmertemperatur (20 C) und die langsam entweichende Abbindungswärme.

Die graphische Darstellung zeigt in allen Fällen, daß die Kontraktion vom Mischungsverhältnis abhängig ist. Je dünner ein Silikatzement angerührt wird, desto kleiner ist die Kontraktion. Wie die Darstellung beweist, ist die Kontraktion der Silikatkörper nach 2 Tagen noch nicht abgeschlossen. Bei FP 7 wurde noch nach acht Tagen eine Schrumpfung von täglich 6 µ gemessen.

Darstellung Nr. 12 gibt vergleichend die Kontraktionen der verschiedenen normal gemischten Silikatzemente wieder. Der Verlauf der Kurven von Salvit, Syntrex und AKZ läßt klar erkennen, daß der Kontraktionsvorgang mehr oder minder beendet ist, während bei Idra und besonders bei FP 7 noch größere Schrumpfungen zu erwarten sind. Die geringste Kontraktion verzeichnen Salvit, Syntrex und AKZ.

Für die normalen Mischungsverhältnisse ergeben sich in 48 Stunden Kontraktionen von 50 bis 165 µ. Bei außer Acht lassen der Einwirkung der Mundfeuchtigkeit heißt dies: eine Silikatfüllung von einem Durchmesser von 3 mm würde schon nach 2 Tagen eine Schrumpfung von 16 bis 50 µ erfahren. Da die Größenordnung der Bakterien aber wesentlich niedriger liegt, dürfte nicht nur eine Reaktivierung der bei der Restkaries verbliebenen indolenten Bak-

terien möglich sein durch die Zufuhr von Kohlehydraten und Wasser, sondern auch die Annahme einer Masseninvasion von Bakterien gerechtfertigt sein.

Ergebnisse.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

1) Die Abschleifhärte ist abhängig vom Mischungsverhältnis. Je weicher ein Zement angerührt wird, desto geringer ist die Härte, umgekehrt je dicker ein Zement angerührt wird, desto härter ist derselbe.

2) Die Zemente sind in Speichel beständiger als in Milchsäure und KOH und in KOH beständiger als in Milchsäure.

3) Der Substanzverlust der einzelnen Zemente in Säure und Lauge scheint dem Härteverlust parallel zu laufen.

4) Die Abschleifhärte der untersuchten Silikatzemente beträgt nach unseren Untersuchungen für:

AKZ = 11,0, Salvit = 12,8, Syntrex = 13,8, Idra = 15,5, FP 7 = 17,1. Die Zahlen geben die Abschleifdifferenz an, d. h. je niedriger die Ziffer, desto größer ist die Härte.

5) Eine diffuse Farbdurchlässigkeit kann nach Lagerung in Speichel bei keinem Zement nachgewiesen werden, was für eine genügende Dichte der geprüften Zemente spricht.

6) Eine Expansion der untersuchten Zemente ist in keinem Falle nachweisbar. Dagegen zeigen sämtliche Zemente eine ungleich starke Schrumpfung in folgender Reihenfolge: Salvit, Syntrex, AKZ, Idra, FP 7. Salvit kontrahiert am schwächsten und FP 7 am stärksten. Bei verändertem Mischungsverhältnis ändert sich die Schrumpfung, und zwar nimmt die Kontraktion zu je weicher ein Zement angerührt wird.

Daraus ergibt sich für die Praxis:

1) Bei den Silikatzementen muß beim Anrühren besonders auf das richtige Mischungsverhältnis gesehen werden. Ein möglichst dick angemischter Zement, bei dem aber das Pulver abgebunden sein muß, ist bei schneller Arbeit empfehlenswert, während eine zu plastische Konsistenz abgelehnt werden muß.

2) Eine Silikatfüllung soll durch eine Fett- oder Lackschicht möglichst lange geschützt werden, damit durch Einwirkung von Speichel die besonders in den ersten 24 Stunden in Betracht kommende Löslichkeit der Substanz ausgeschaltet wird.

3) Eine starke Erwärmung von frisch gelegten, ungeschützten Silikatfüllungen mit dem Heißluftbläser ist zu unterlassen, da hierdurch eine Austrocknung der Randzone und damit Rißbildung erfolgt.

Die verschiedenen Präparate haben sich bei den einzelnen Versuchen verschieden bewährt. Es kann jedoch gesagt werden, daß die Zemente Salvat, Syntrex und AKI auf Grund der Untersuchungen als die besseren anzusprechen sein dürften.

1. Dieck: Ueber die methodische Prüfung der Silikatzemente.
D. M. f. Z. 1922 S. u. S. 289.
2. Gerlach: Praktische Bemerkungen über das Silikatfüllmittel.
D. z. W. 1937. S. 75.
3. Hensel: Ueber die Methoden der Silikatzementprüfung, ihre Vereinfachung und ihre Bewertung.
D. M. f. Z. 1922. S. 494—503.
4. Hettinger: Einfluß der Anrührtemperatur auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften der zur Zahnfüllung benötigten Zemente, insbesondere der Silikatzemente.
Diss. 1937 (aus der wissenschaftlichen Abteilung der Jota-Werke.
5. Kulka: Aschers künstlicher Zahnschmelz.
Oe. U. V. f. Z. 1905. S. 403.
Ueber die wichtigsten mechanischen und einige chemische Eigenschaften der Silikat- und Zinkphosphatzemente.
Oe. U. V. f. Z. 1907. S. 568.
Neue Ergebnisse der Zementforschung (Volumänderungen).
Oe. U. V. f. Z. 1913. S. 228.
Silikatzemente (weitere Beiträge zur Chemie der Silikatzemente auf Grund petrographischer Forschung).
Verhandlung des V. Internat. Kongr. Bd. 1. S. 348.
6. Lignitz: Eine exakte Methode zur Prüfung der Härte der zahnärztlichen Materialien.
D. M. f. Z. 1922. S. 1.
7. Linke: Ueber die Raumbeständigkeit der Füllungszemente.
In. Diss. Leipzig 1936.
8. Meister: Bemerkungen zu der Arbeit Csernyes.
Z. R. 1925. N. 49.

9. Pfaffenbarger u. Souder: Physical Properties of the Zink Phosphate Zements.
Berichte IX. Internat. Kongr. Wien 1936.
1. Bd. 1. Hälfte S. 347.

10. Proell: Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen des Zahnpulpatodes unter Silikatzementen nebst theoretisch-praktischen Studien über Zemente und andere Füllungsmaterialien.
D. M. f. Z. 1913. S. 81.
Nachträgliches über Silikatzemente.
D. M. f. Z. 1916. S. 143.

11. Richter: Weitere Erfahrungen und Versuche mit Silikatzementen.
D. M. f. Z. 1910. S. 420.
Welchen Wert hat die Richtersche Silikatzementprobe als sog. Prüfungsnorm für die schnelle Wertbestimmung der Silikatzemente?
D. M. f. Z. 1913. S. 536.

12. Schoenbeck: Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Materialienkunde.
Berlin 1931. S. 127—153.

13. Schwarze: Untersuchungen über den Einfluß des Mischungsverhältnisses auf die Erhärtungszeit und die Säureabgabe bei Zinkphosphat- und Steinzementen.
In. Diss. Münster 1932.

14. Streich: Zur Kenntnis der Durchlässigkeit einiger Füllzemente für Farbstoffe und Bakterien.
In. Diss. Leipzig 1936.

Gern entledige ich mich der angenehmen Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Rebel für die freundliche Ueberlassung des Themas sowie seine stets fördernde Unterstützung herzlichst zu danken. Weiterhin gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Drescher-Kaden für die Erlaubnis der Durchführung der Härteuntersuchungen im Mineralogisch-petrographischen Universitäts-Institut und Herrn Dr. habil Ernst daselbst für die jederzeit freundliche Hilfsbereitschaft. Auch Herrn Oberpräparator Busse möchte ich an dieser Stelle für die Anfertigung der Dünnschliffe meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Ich, Hermann Josef Schulte zu Ankum, wurde als Sohn des Bauern Hermann Schulte zu Ankum und dessen Ehefrau Agnes geb. Wiese am 13. 7. 1912 in Ankum geboren. Daselbst besuchte ich zunächst die Volksschule und darauf die Bürgerschule. Von Ostern 1928 kam ich auf das Staatliche Gymnasium Carolinum in Osnabrück und erhielt Ostern 1932 das Zeugnis der Reife. Ab S. S. 1933 studierte ich in Göttingen Zahnheilkunde. Unterbrochen wurde das Studium durch Ableistung der Arbeitsdienstpflicht in der Zeit vom 1. April bis zum 1. Oktober 1935. Ab W. S. 1935/36 wurde das Studium in Göttingen wieder aufgenommen. Im Mai 1937 bestand ich hier das Staatsexamen. Seit der Zeit bin ich Doktorand an der Universitäts-Zahnklinik, Göttingen.

Abbildungen

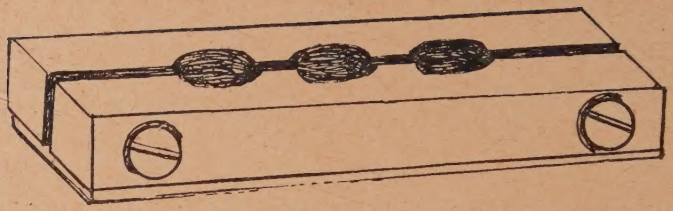

Abb. 1

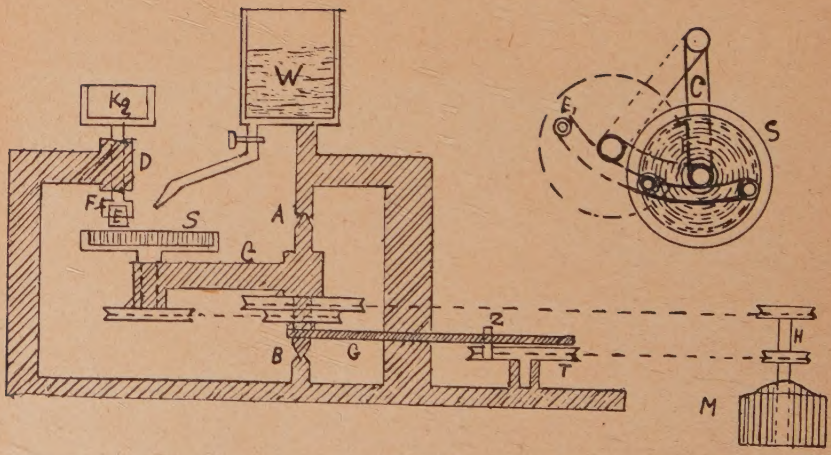

Abb. 2

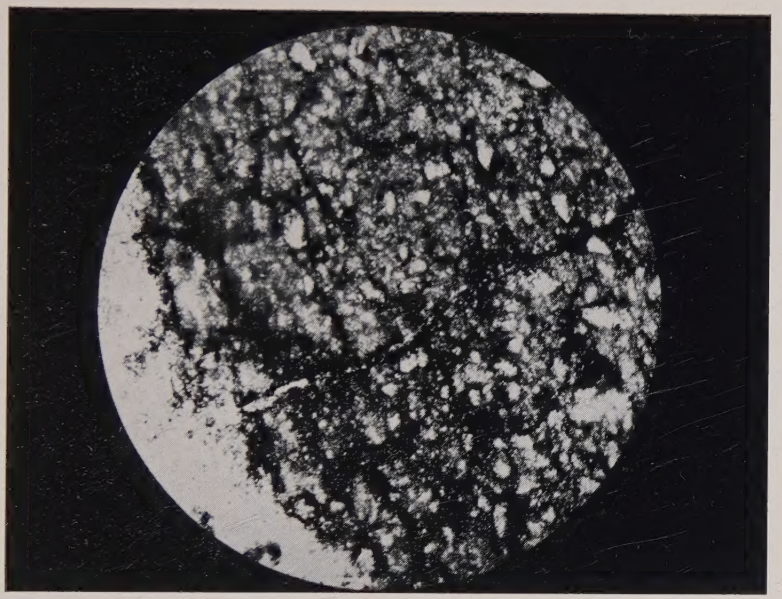

Abb. 3
Rissbildung bei FP 7 im Dünnschliffpräparat gesehen. (110fache Vergrößerung)

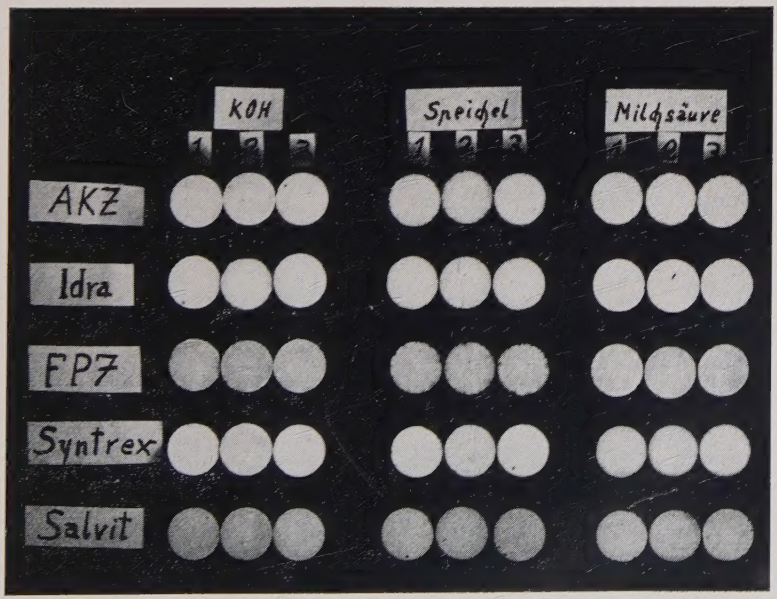

Abb. 4
Silikatkörper nach Färbung mit Metylienblau. 4 mm Abschliff. 3/4 normaler Größe.